

Коммунальное хозяйство городов

11. Демышев В.Е., Несененко Г.В., Рохлин Л.Л., Тарытина И.Е. Магнитные сплавы для активаторов стартеров люминесцентных ламп // Светотехника. – 1989. – №10. – С.9-10.

Получено 28.11.2005

УДК 621.313

М.Л.ГЛЕБОВА, Г.В.КАПУСТИН, кандидаты техн. наук,
В.Б.ФИНКЕЛЬШТЕЙН, д-р техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ РОТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ АСИНХРОННЫХ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассматриваются современные технологии изготовления короткозамкнутых роторов асинхронных машин. Предлагается учитывать при проектировании асинхронных короткозамкнутых двигателей продольный ток в магнитопроводе ротора.

В результате анализа расчетных и экспериментальных данных короткозамкнутых АД со скосом пазов, и по результатам расчета баланса мощностей, произведенного по пусковому моменту и по потерям в клетке ротора, было высказано предположение о том, что в магнитопроводе ротора протекают продольные токи (вдоль зубца ротора) перпендикулярно листам электротехнической стали. Это предположение противоречит классической теории ЭМ [1], согласно которой изоляция листов электротехнической стали (межлистовая изоляция пакета ротора после его заливки) достаточно хорошая, исключающая протекание токов вдоль магнитопровода ротора.

Тонколистовая холоднокатаная изотропная электротехническая сталь, применяемая в магнитных цепях электрических машин, аппаратов и приборов, по виду покрытия по ГОСТ 21427.2-83 (СТ СЭВ 101-85) подразделяется:

- без покрытия (с металлической поверхностью);
- с нетермостойким электроизоляционным покрытием, улучшающим штампуемость – НШ;
- с термостойким электроизоляционным покрытием, улучшающим штампуемость – ТШ;
- с термостойким электроизоляционным покрытием, не ухудшающим штампуемость – Т.

Ранее использовался способ получения изоляции листов электротехнической стали путем оксидирования. В результате нагрева стали в окислительной среде на поверхности листов образуется тонкая пленка окисла железа.

В настоящее время наиболее распространенным способом изолировки листов стали является двухстороннее покрытие масляноканифольными лаками №202 или №302 [2]. Проверку качества производят внешним осмотром, отсутствия отлипа – на ощупь. Два раза в смену проверяют сопротивление изоляции между листами. Для этого между электродами 40×300 мм размещают 20 листов. Создается сила, сжимающая листы с давлением $6 \cdot 10^5$ Па. При подведении к электродам напряжения 18 В сопротивления пакета должно составлять: для турбогенераторов – 80, для гидрогенераторов – 55, для статоров и якорей – 40 Ом.

Основные нормы для физических и эксплуатационных свойств электроизоляционного покрытия листов электротехнической стали (по ГОСТ 21427.2-83 (СТ СЭВ 101-85) для стали электротехнической холоднокатаной изотропной тонколистовой представлены в таблице.

Нормы физических и эксплуатационных свойств электроизоляционного покрытия листов электротехнической стали

Вид покрытия	Марка покрытия	Коэффициент сопротивления, Ом · см ² не менее	Термостойкость	Основа покрытия
Т	Т1 Т5	1,0 5,0	760 °С, 1,5 ч в защитной атмосфере или 700 °С, 2 мин. на воздухе	Неорганическое
ТШ	ТШ1 ТШ10 ТШ20 ТШ40	1,0 10,0 20,0 40,0	760 °С, 1,5 ч в защитной атмосфере	Полуорганическое (смесь органического с неорганическим)
НШ	НШ1 НШ10 НШ20 НШ40	1,0 10,0 20,0 40,0	200 °С, 24 ч на воздухе	Органическое или полуорганическое

При шихтовке сердечников для получения монолитного пакета усилия пневматического пресса недостаточно. Поэтому сердечники приходится опрессовывать на гидравлическом прессе. Замечено, что после определенной величины усилия прессовки, плотность пакета увеличивается незначительно, но начинают возрастать удельные потери в стали. Таким образом, величина давления имеет определенное оптимальное значение, зависящее от длины пакета и вида посадки пакета на вал или в станину.

При длине пакета более 200 мм для обеспечения плотности сердечника выполняется несколько прессовок, которые проводят по мере сборки пакетов. Удельные давления при прессовке имеют порядок $100 \cdot 10^5$ Па, при допрессовке – $(40 \div 60) \cdot 10^5$ Па.

В работе [2] приводятся данные о том, что листы электротехнической стали пакета магнитопровода ротора АД, заливаемого алюминием, не изолируют, так как при нагреве магнитопровода до температуры 600-700 °С перед заливкой пленка лака выгорает.

Остановимся более подробно на рассмотрении технологического процесса заливки роторов алюминием. Этот процесс довольно сложен, так как форма алюминиевой обмотки не удовлетворяет требованиям литейного производства. Масса сердечника ротора в несколько раз больше массы алюминия и для того, чтобы алюминий равномерно распределился по всей форме паза, сердечник необходимо нагревать до 350-780 °С. В процессе остывания алюминий дает усадку до 2%. Длина роторных стержней уменьшается, и сердечник сжимается. Если перед заливкой сердечник был спрессован слишком сильно, стержень разорвется, а при слишком слабой прессовке сердечника алюминий протекает между листами железа и замыкает их [3].

Для заливки короткозамкнутых роторов применяется первичный алюминий марок А5, А6, А7 (ГОСТ 11069-74). Содержание соответственно 99,5; 99,6; 99,7% алюминия и остальное – примеси кремния, меди, цинка, титана, железа [3].

Для повышения КПД и снижения нагрева электродвигателя (за счет уменьшения добавочных потерь) большое значение имеет контактное переходное сопротивление между стержнями ротора и стальным пакетом. Величина контактного сопротивления зависит от способа заливки. Переходное сопротивление может быть увеличено за счет предварительного изолирования пазов пакета сердечника перед заливкой алюминием. Изолировку пазов пакета ротора выполняют оксидированием или фосфатированием.

Заливают короткозамкнутые роторы в специальных формах – кокилях при следующих способах заливки: статическом, центробежном, вибрационном, литьем под давлением [2]. При заливке ротора на машинах литья под давлением эта форма называется пресс-формой.

Статический способ заливки наиболее прост по выполнению, для его осуществления не требуется дорогого оборудования и сложной оснастки.

Перед заливкой сердечник, зашихтованный на технологическую оправку, запирается на оправке кольцом и штифтами, входящими в отверстие оправки. Нагретый в печи до температуры 400-500 °С сердечник с оправкой устанавливают на нижнюю часть формы, которую помещают в гидравлический пресс.

Центробежный способ заливки, при котором заливка алюминия проводится во вращающийся пакет ротора. Для этого подогретый па-

кет ротора устанавливают в кокиль, закрепленный на столе центрально-бежной машины. Установку закрывают кожухом, в верхнюю его крышку вставляют воронку, через нее и литниковую чашу проводится заливка ротора алюминием. Сняв кожух и разобрав кокиль, извлекают из него залитый ротор.

Заливка роторов под давлением – наиболее распространенный способ получения короткозамкнутых роторов в основном малогабаритных АД благодаря высокой производительности процесса и возможности заливки алюминия в пакеты без их предварительного прогрева.

При заливке роторов в кокиль пакет подогревается в специальных печах для лучшего заполнения алюминием. Кроме того, подогрев необходим для частичной компенсации разности коэффициентов расширения стальных листов сердечника и заливаемого металла. Температуру подогрева пакета ($500-650^{\circ}\text{C}$) перед заливкой определяют опытным путем. Такой подогрев магнитопровода ротора приводит к тому, что межлистовая изоляция пакета выгорает или частично нарушается. Тем самым обеспечивается возможность для протекания продольного тока в магнитопроводе перпендикулярно плоскости листов железа. В этом случае использование допущения, принимаемого в классической теории ЭМ о достаточно хорошей межлистовой изоляции пакета ротора, неприемлемо.

Нарушение межлистовой изоляции приводит также к тому, что изменяются параметры короткозамкнутого ротора (его результирующее активное и индуктивное сопротивление), а также параметры всей АМ в целом. Этим можно объяснить значительные отличия экспериментальных данных характеристик КЗ опытных образцов и серийных АД одного и того же типа. Ротора опытных образцов АД всех габаритов при проектировании заливают всегда в кокиль. В то время как при серийном производстве ротора малогабаритных АД заливаются под давлением в пресс-форму без предварительного прогрева пакета ротора, межлистовая изоляция магнитопровода ротора сохраняет свои свойства и препятствует протеканию продольного тока в сердечнике, который оказывает значительное влияние на пусковые характеристики АД. В случае если пакеты роторов АД при серийном производстве и при изготовлении опытного образца этого же двигателя заливаются алюминием по различным технологиям, то опытный и серийный образцы АД будут иметь различные параметры и характеристики.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что при заливке пакетов роторов алюминием в кокиль межлистовая изоляция магнитопровода выгорает или частично нарушается. Это приводит к

значительным изменениям параметров короткозамкнутого ротора, а также к возможности протекания продольного тока в магнитопроводе ротора перпендикулярно его листам, что необходимо учитывать при проектировании и расчете асинхронных короткозамкнутых двигателей.

1.Пиотровский Л.М. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1972. – 504 с.

2.Ганзбург Л.Б. Производство сердечников, коллекторов и обмоток электрических машин. – Л.: СЗПИ, 1980. – 79 с.

3.Осьмаков А.А. Технология и оборудование производства электрических машин. – М.: Высшая школа, 1980. – 312 с.

Получено 28.11.2005

УДК 629.423.1

О.Н.СИНЧУК, д-р техн. наук

ОАО «Электрические машины», г.Харьков

Д.Ю.ЛОЗОВОЙ

Криворожский технический университет

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВАГОНА МЕТРОПОЛИТЕНА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ПИТАЮЩЕЙ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Рассматриваются вопросы защиты тягового электропривода постоянного тока вагонов метрополитена от имеющих место перенапряжений в питающей контактной сети. Приведены результаты исследований и конкретные пути решения данной проблемы.

Природа перенапряжений в питающей контактной сети (ПКС) электропоездов метрополитенов весьма разнообразна – это коммутационные процессы в электрооборудовании тяговых подстанций, подключение к ПКС и отключение от неё вагонов при оперативных и аварийных манипуляциях [1] и т.п.

В большинстве случаев отключение вагона метрополитена (МП) от ПКС наиболее вероятная причина выброса напряжения в последнюю. При отключении вагона МП от ПКС в ней возникают ЭДС самоиндукции в силу распределенной индуктивности сети. Процесс возникновения импульса сверхнапряжения иллюстрируют идеализированные схемы замещения, приведенные на рис.1 с П-образным входным фильтром и на рис.2 с Г-образным входным фильтром [2].

Обозначения элементов, принятые на рисунках: LL – приведенная к сосредоточенной индуктивности ПКС; ZZ – П-образный фильтр с элементами CS, LZ, CZ; ZD – Г-образный фильтр с элементами LD, CD как упрощенный вариант Т-образного фильтра; RW – исследуемая нагрузка; RU, KU – параллельно действующая нагрузка имитирующая вагон МП, который отключается в процессе работы.